

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-193649

(43)Date of publication of application : 10.07.2002

(51)Int.Cl.

C04B 26/10
B28B 1/08
B32B 5/18
C04B 14/04
C04B 14/38
C04B 16/06
C04B 20/00
C04B 26/32
C08K 7/02
C08K 7/16
C08L101/00
// C04B111:40

(21)Application number : 2001-285839

(71)Applicant : TECHNUM GMBH

(22)Date of filing : 19.09.2001

(72)Inventor : FRANKE MATTHIAS
NIEDNER PETER

(30)Priority

Priority number : 2000 10046298 Priority date : 19.09.2000 Priority country : DE

(54) LIGHTWEIGHT MATERIAL BONDED WITH PLASTIC, ITS MANUFACTURING METHOD, AND COMPOSITE MATERIAL USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To mass-produce a structural material with lightweight having a high strength and ductility, which is used for structural members of automobile such as chassis parts, etc., building industry and mechanical engineering.

SOLUTION: The material contains lightweight fine particles (specifically mineral-based foamed fine particles) and an organic binder, where the volume percentage of lightweight fine particles is at least 50% and the components are bonded in a structurally dense state. The method comprises a process to introduce lightweight fine particles into a mold of product, optionally that to heat raw particles of lightweight fine particles, that to introduce a binder into the mold filled with lightweight fine granular bulk material, and that to solidify the binder. The composite material contains a core of lightweight material and a surface comprising steel, stainless steel, fiber laminate or plastic which surrounds completely or partly the core.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-193649

(P2002-193649A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 0 4 B 26/10		C 0 4 B 26/10	4 F 1 0 0
B 2 8 B 1/08		B 3 2 B 5/18	4 J 0 0 2
B 3 2 B 5/18		C 0 4 B 14/04	A
C 0 4 B 14/04		14/38	Z
14/38		16/06	Z
審査請求 有 請求項の数46 O L (全 18 頁) 最終頁に続く			
(21) 出願番号	特願2001-285839 (P2001-285839)	(71) 出願人	501369824 テクナム ゲーエムペーハー ドイツ国 83707 パート ヴィースゼー シュヴォアガヴェク 12
(22) 出願日	平成13年9月19日 (2001.9.19)	(72) 発明者	マティアス フランケ ドイツ国 01468 モーリッツブルク/オー ーテュー フリーデヴァルト ゲーテシュト ラッセ 2
(31) 優先権主張番号	1 0 0 4 6 2 9 8, 7	(72) 発明者	ピーター ニードナー ドイツ国 83707 パート ヴィースゼー マクス-オーバーメイルーヴェク 3
(32) 優先日	平成12年9月19日 (2000.9.19)	(74) 代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫 (外10名)
(33) 優先権主張国	ドイツ (D E)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラスチック結合軽量材、その製造方法および複合材料

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 軽量で高い強度および延性を有する構造材を安価に量産する。この軽量材料は自動車のシャシ部品などの自動車構造部材および建築業や機械工学にも使用される。

【解決手段】 軽量細粒（特に鉱物系発泡細粒）と有機バインダとを含む軽量材であって、軽量材中の軽量細粒の容積量が少なくとも50%であり、軽量材中の成分が構造的に密な状態で結合されている軽量材。また、軽量細粒を加工物用金型に導入する工程と、任意に軽量細粒の原料粒子を加熱する工程と、軽量の細粒状バルク材が充填された加工物用金型にバインダを導入する工程と、バインダを凝固させる工程と、を含む軽量材の製造方法。さらに、軽量材のコアと、鋼、ステンレス鋼、ファイバラミネートまたはプラスチックからなる、該コアを完全にまたは部分的に囲む表面とを含む複合材料。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 軽量細粒体（特に鉱物系発泡細粒）と有機バインダを含む軽量材であって、

軽量材中の軽量細粒体の容積量が少なくとも50%であり、軽量材中の成分が構造的に密な状態で結合されていることを特徴とする、軽量材。

【請求項2】 軽量材中の軽量細粒体の容積量が少なくとも80%であることを特徴とする、請求項1に記載の軽量材。

【請求項3】 軽量材中の軽量細粒体の容積量が少なくとも90%であることを特徴とする、請求項1に記載の軽量材。

【請求項4】 軽量細粒体が、流動性かつ実質的に球状の粒子からなることを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項5】 軽量細粒体の粒度が、0.01~30mm、好ましくは0.04~16mm、特に好ましくは0.2~8mmであることを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項6】 軽量細粒体が、0.040~0.600kg/l、好ましくは0.040~0.300kg/lの嵩密度および15%未満、好ましくは5%未満の表面多孔率を有することを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項7】 球状の軽量細粒体粒子が実質的に単一粒度の群を有することを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項8】 軽量細粒体が2通りの粒度の群を有する球状粒子からなることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項9】 軽量細粒体の60~70容量%が大きい粒径を有し、30~40容量%が小さい粒径を有することを特徴とする、請求項8に記載の軽量材。

【請求項10】 粒径が大きい軽量細粒体粒子の直径が、粒径が小さい軽量細粒体粒子の直径の6~12倍、好ましくは10倍であることを特徴とする、請求項8または9に記載の軽量材。

【請求項11】 小さい粒度の群に属する軽量細粒体粒子が大きい粒度の群に属する軽量細粒体粒子間に形成された空隙内に配置されていることを特徴とする、請求項8から10のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項12】 軽量細粒体が3通りの粒度の群を含む球状粒子からなることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項13】 軽量細粒体粒子の混合物が、大粒度の粉体を少なくとも50容量%と、中粒度の粉体を35容量%以下と、小粒度の粉体を15容量%以下とを含むことを特徴とする、請求項12に記載の軽量材。

【請求項14】 大粒度の軽量細粒体粒子の直径が、中粒度の軽量細粒体粒子の直径の6~18倍、少なくとも

12倍であり、中粒度の軽量細粒体粒子の直径が、小粒度の軽量細粒体粒子の直径の6~18倍、少なくとも12倍であることを特徴とする、請求項12または13に記載の軽量材。

【請求項15】 中粒度の群に属する軽量細粒体粒子が、大きい粒度の群に属する軽量細粒体粒子間に形成された空隙内に配置され、小粒度の群に属する軽量細粒体粒子が、中粒度の群に属する軽量細粒体粒子と中程度および大きい粒度の群に属する軽量細粒体粒子との間に形成された空隙内に配置されていることを特徴とする、請求項12から14のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項16】 軽量細粒体が、4通り以上の粒度の球状粒子からなり（最小粒度の粉子で直径が0.030~0.150mmの範囲である）、常に許容差±20%の同一のファクターで傾斜をつける方法で利用可能な最大サイズの粒子に基づいて粒度傾斜をつけることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項17】 軽量細粒体が、アルカリシリケート、アルカリ/アルカリ土類ケイ酸塩、アルモシリケート、ホウケイ酸塩および別の金属酸化物と組合せた三成分系 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ の変異形からなる群より選択されることを特徴とする、請求項1から16のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項18】 軽量細粒体が酸化アルミニウムまたはケイ酸ナトリウムであることを特徴とする、請求項1から16のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項19】 2種類またはそれ以上の軽量細粒体が異なる容積量で任意に含有されることを特徴とする、請求項1から18に記載の軽量材。

【請求項20】 軽量細粒体が金属または他の非鉱物材料であることを特徴とする、請求項1から16、19のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項21】 有機バインダが、流動性であり、特に液体または流動性粉末で構成されることを特徴とする、請求項1から20のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項22】 有機バインダが熱硬化性材料であることを特徴とする、請求項21に記載の軽量材。

【請求項23】 熱硬化性材料が、エポキシ樹脂、ポリウレタン、フェノール樹脂、不飽和ポリエステルおよびシリコン樹脂からなる群より選択されることを特徴とする、請求項22に記載の軽量材。

【請求項24】 有機バインダが熱可塑性材料であることを特徴とする、請求項21に記載の軽量材。

【請求項25】 熱可塑性材料が、ポリアミド、ポリオレフィン、ポリスチレン、PVC、ポリアセタールおよび熱可塑性ポリエステルからなる群より選択されることを特徴とする、請求項24に記載の軽量材。

【請求項26】 有機バインダがエラストマーであることを特徴とする、請求項21に記載の軽量材。

【請求項27】 エラストマーが、合成ゴム、天然ゴムおよびシリコンゴムよりなる群から選択されることを特徴とする、請求項26に記載の軽量材。

【請求項28】 短繊維または長繊維の強化用繊維をさらに他の成分として含有することを特徴とする、請求項1から27のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項29】 軽量材の一部の表面または全体の表面が別の材料からなることを特徴とする、請求項1から28のいずれか一項に記載の軽量材。

【請求項30】 表面が、鋼、ステンレス鋼、ファイバークラミネートまたはプラスチックからなることを特徴とする、請求項29に記載の軽量材。

【請求項31】 好ましくは請求項1から28のいずれか一項に記載の軽量材からなるコアと、鋼、ステンレス鋼、ファイバークラミネートまたはプラスチックからなり、該コアを完全にまたは部分的に囲む表面とを含むことを特徴とする複合材料。

【請求項32】 軽量材が軽量細粒体を55～90容量％含むことを特徴とする、請求項31に記載の複合材料。

【請求項33】 請求項1から28のいずれか一項に記載の軽量材の製造方法であって、軽量細粒体を加工物用型に導入する工程、任意に軽量細粒体の原料粒子を加熱する工程、軽量の細粒状バルク材が充填された加工物用型にバインダを導入する工程、およびバインダを凝固させる工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項34】 最大粒度の軽量細粒体を最初に充填し、次に一粒度づつサイズを落として充填することを特徴とする、請求項33に記載の方法。

【請求項35】 軽量の細粒状バルク材を形成するためのプロセスを、振盪、振動、超音波および／または負圧の印加によって支持することを特徴とする、請求項34に記載の方法。

【請求項36】 特定サイズの軽量細粒体を充填した後、振盪、振動、超音波および／または負圧の印加によってプロセスを支持し、その後のみ、さらに小さな粒度の軽量細粒体を充填することを特徴とする、請求項34に記載の方法。

【請求項37】 バインダの充填を、振盪、振動、超音波、過圧または負圧によって支持することを特徴とする、請求項33から36のいずれか一項に記載の方法。

【請求項38】 型内で一様に流動する充填フロントを維持できるように軽量細粒体の体積流を調節することを特徴とする、請求項33から37のいずれか一項に記載の方法。

【請求項39】 一様に流動するバインダ-充填フロントが型内で維持されることを特徴とする、請求項33から38のいずれか一項に記載の方法。

【請求項40】 充填前に加工物用型を加熱することを

特徴とする、請求項33から39のいずれか一項に記載の方法。

【請求項41】 加工物用型に充填する前に軽量細粒体を加熱することを特徴とする、請求項33から40のいずれか一項に記載の方法。

【請求項42】 加工物用型に充填する前にバインダを加熱することを特徴とする、請求項33から41のいずれか一項に記載の方法。

【請求項43】 得られた軽量の細粒状バルク材をコアバインダと結合し、浸透コアを生成することを特徴とする、請求項33から42のいずれか一項に記載の方法。

【請求項44】 充填操作前に、バインダで軽量細粒体を濡らし、それによって、軽量の細粒状バルク材を結合して浸透コアを形成することを特徴とする、請求項33から43のいずれか一項に記載の方法。

【請求項45】 まず多孔性バルク材と結合される軽量細粒体の浸透コアのみを生成し、コアを型から除去し、再度加工物用型に導入されるコアに別のタイミングでバインダを充填することを特徴とする、請求項43または44に記載の方法。

【請求項46】 請求項45に記載の方法によって形成された浸透コア。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、軽量細粒体（特に鉱物系発泡細粒体）と有機バインダとを含む軽量材に関する。任意に、少量の添加剤を含むものであってもよい。さらに、本発明は、その製造方法と本発明による軽量材を含む複合材とに関する。

【0002】

【従来の技術】多くの技術分野で軽量材の利用度が高まりつつある。特に、自動車製造などの交通部門では、強度が高い上にそれまで用いられてきた構造材料に比して低密度であるため、省エネルギーで環境に優しい自動車を製造できることから、軽量材が広く受け入れられてきている。密度1.0 g/cm³未満の軽量材が特に注目されているが、これは大半のプラスチックより低密度である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】プラスチックと無機成分とを混合して特定の特性を改善および／またはさほど高価ではない材料を製造することが従来技術から公知である。この場合、プラスチックにチョークなどのフィラーまたはガラス繊維などの強化材が配合されることが多い。しかしながら、こうした公知の無機成分はプラスチック材料の約2倍の密度であるため、プラスチックと無機成分とによって得られる加工物の密度を下げる目的には適していない。

【0004】さらに、いわゆる中空ミクロスフェアからなる軽量の微粒子無機成分をプラスチックに配合するこ

とが知られている。しかしながら、現段階の製造技術では、このような成分を高い比率でプラスチック材料に取り込むことは不可能である。加工物で達成できる中空ミクロスフェアの容積量は、構造的に密な材料の50容量%未満という値までである。したがって、得られた軽量材の密度は高く、このような軽量材から加工物を製造しても多くの用途で重すぎるものとなる。また、中空ミクロスフェアは極めて高価であるため、この材料を大量生産品に利用できないという欠点もある。さらに別の欠点として、大量生産品では経済的な理由から高品質のプラスチックを利用できない大量のプラスチックがあげられる。

【0005】したがって、構造的に密な方法ではなく多孔性バルク材を用いて無機成分をプラスチック材料と結合させることがすでに提案されている。これによって、材料に含まれるプラスチックの量を50容量%よりもかなり低く抑えることが実用上可能となっている。しかしながら、このような材料では、構造的に密な方法で結合させた材料よりも強度値が大幅に低くなるため、限られた度合いでしか利用することができない。

【0006】しかしながら、従来技術では、たとえば軽量細粒の80容量%といった極めて高い充填密度で構造的に密なプラスチック母材を製造することはできない。これは、標準的な加工方法で標準的な製造条件を用いると軽量細粒が分離することが多く、結果として充填密度が低くなるためである。

【0007】このような分離は、実質的に軽量細粒とプラスチック母材との密度の差が原因で生じるものであり、特に、粒度の異なる軽量の細粒状粒子各々の重量の違いがあるため、結果として粒の大きな軽量細粒が加工時に「浮いて」加工物用金型の下側に空隙が形成され、さらには粒の小さな軽量細粒がそこに蓄積される。

【0008】さらに、プラスチックの代わりに軽金属を無機成分用のバインダとして利用することも知られている。このような材料は極めて適していることが明らかになってはいるが、その用途には限りがある。ただし、軽金属合金の原材料価格が高い上、製造温度を高くしなければならず加工コストも高くなるため、超軽金属からなる加工物は複雑なシャシやエンジン部品などの特別な加工物用としてのみ利用可能である。このような化合物は重すぎる上にコスト高であるため、自動車の車体および内装用の材料としては適していない。

【0009】したがって、本発明の目的は、技術面での高い要求（特に強度および延性の高さ）を満たし、さらに、経済的な理由で大量生産品には使用できないといったことが生じない程度に安価な軽量材を開発することにある。この軽量材の使用は、自動車のシャシ部品などの自動車構造における特別な用途に限定されず、静置用交通手段（stationary traffic means）および建築業や機械工学などの他の用途も含ま

れる。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述した目的は、軽量細粒体（特に鉱物系発泡細粒体）と有機バインダを含む軽量材によって達成される。この軽量材は、軽量材中の軽量細粒体の容積量が少なくとも50容量%であり、成分が材料中で構造的に密な状態で結合されていることを特徴とする。

【0011】好ましくは、本発明による軽量材は、軽量細粒体を少なくとも80容量%、特に好ましくは少なくとも50容量%含有する。本発明による軽量材は、現在までのところ他の材料には認められない特徴を兼ね備えている。驚くべきことに、これらの軽量材は、極めて低い密度で強度値が高く、特に圧縮強度が極めて高いことが特徴である。本発明による軽量材は延性であり、この点で金属に匹敵するか、あるいは金属よりもかなり優れている。本発明による軽量材を用いることで、被害者に対する新規な人命救助策が可能になった。

【0012】軽量細粒体が有機バインダの母材に実質的に完全に埋没すれば、材料は構造的に密なものになると言われている。したがって、有機バインダがほぼ無孔の母材をなすことになる。

【0013】本発明の意味での軽量細粒は、流動性で実質的に球状の粒子である。その粒度は0.01~30mm、好ましくは0.04~16mm、特に好ましくは0.2~8mmである。

【0014】本発明による軽量材の特性を得るには、軽量細粒体の幾何学的形状およびサイズが特に重要である。おしなべて言えば、粒子の形状についてはどのようなものであってもよいが、このとき、加工物の得られた高密度が高く充填密度は低くなってしまうのをやむを得ないとしなければならないこともある。主に球状またはほぼ球状の流動性の極めて高い粉体で軽量材を構成するとよいことが明らかになっている。球状粉体を用いると、充填作業を終えた後に軽量の細粒状バルク材が加工物用金型に極めて密に充填されるという効果が得られる。これは、形状に規定のない軽量粉粒体とは対照的に、球状の軽量細粒体では加工時（特に加工物の金型への充填時）におけるバルク流動性（すなわち軽量の細粒状バルク材の挙動）が良好で空洞が形成されることが少ないためである。軽量細粒の密な充填に必要なのは、少量のバインダを使用することだけである。

【0015】本発明による細粒は嵩密度が0.040kg/l~0.600kg/lである。好ましくは、嵩密度は0.300kg/l以下である。その表面の開放多孔率は15%未満、好ましくは5%未満である。

【0016】軽量細粒は、密閉気孔を含むものであっても、また特別な用途では、表面の開放多孔率が総体積に対して1%~10%の範囲と低いものであってもよい。粒子にどの程度までバインダが浸透すると考えられるか

は、その多孔率に左右される。さらに、粒子には孔に気体が充満した閉鎖多孔率(closed volume porosity)もある。一般に孔は極めて小さく、直径で細粒のサイズの1/10未満、好ましくは1/50未満である。特に、0.2mm以下の範囲といったごく小粒度の場合、本発明では、単一の気泡を含む細粒、いわゆる中空スフェアまたは他の中空の球形を利用する。

【0017】本発明において望ましい極めて高い充填密度を得るには、軽量細粒の品質が高くなければならない。したがって、一粒度のみを有する充填物では、比較的高い充填密度が得られるのは各粒子の直径が構想粒子の直径とわずかしき違わず、球の形からさほどずれていない場合のみである。

【0018】各粒子のサイズからのずれに対する要件については、粒度の群(grainsize group)で示すのが最も良く説明できる方法であることが分った。原料粒子から単一の粒度を選ぶのは実用上不可能であるため、粒度の群によって許容粒度範囲を特定する。充填密度を高くするには、選択する粒度の群の粒度範囲が極めて狭く(4~5mm、2~3mmなど)、かつ、前記粒子群で粒子群の最小直径と最大直径とに基づく許容差範囲が±6%でなければならない。この許容差範囲を±4%以下に抑えれば、実用上最適な充填密度を達成できる。公差範囲が最大で10%まで増しても、依然として満足のいく充填密度を達成することができる。10%を超えると、必ずしも高品質の製品を製造できるとは限らなくなる。関連のある粒子群に対する技術的な分類を行う際には、これらの要件に適合するようにしなければならない。

【0019】好ましくは、鉱物系軽量細粒を本発明による軽量材に使用する。細粒を多孔性にするための加工工程の前に、これらの細粒をベレット形成台でのベレット形成によって成形し、最大高さ15粒径のフィードで気孔形成炉に細粒を通す。製造時の高密度をさらに高くすると、細粒が変形し、結果として、生成物は本発明の許容差範囲におさまる球形ではなくなる。これとは対照的に、プレスとローラとを用いるおよび/またはさらに多くの量の原料を炉に送る従来の方法で製造した細粒は偏差が大きい。

【0020】さらに、球形からの粒子の最大偏差が球状直径の±4%であれば、高い充填密度が達成され、±8%の範囲の偏差でも満足のいく充填密度が得られるが、偏差が±10%を超えると極めて貧弱な結果しか得られないことが分った。したがって、充填物での最大偏差が±8%、好ましくは±4%の細粒を本発明による軽量材に使用する。

【0021】本発明によれば、充填物の形成が簡単で充填密度に対する要求が緩い場合、単一の粒度の群の細粒状粒子が使用される。さらに、充填密度に対する要求が

より厳しい場合は、2通りの粒度の群を有する粉体からなる球状軽量細粒が適していることが分った。好ましいのは、直径が大きめの球状粉体(以下、一次粒子と呼ぶ)を少なくとも60容量%、好ましくは少なくとも70容量%の量で含み、直径が小さめの球状粉体(以下、二次粒子と呼ぶ)を40容量%以下、好ましくは30容量%以下の量で含み、一次粒子の直径が二次粒子の直径の6~12倍、好ましくは少なくとも10倍の粒体混合物である。

10 【0022】充填密度に対する要求が極めて厳しい場合、3通りの粒度の群からなる球状軽量細粒の混合物を含む本発明によるタイプの軽量材を利用する。このうち、軽量細粒混合物に対して最大球状粉体(一次粒子)の量が少なくとも50容量%、中間球状粉体(二次粒子)の量が35容量%以下、最小球状粉体(以下、三次粒子と呼ぶ)の量が15容量%以下であり、大きい球状粒体と中程度の球状粒体との直径の差ならびに中程度の球状粒体と最小の球状粒体の直径の差が少なくとも6~18倍、好ましくは12倍である軽量細粒の混合物が特に重要である。

20 【0023】さらに、4通り以上の粒度(一次粒子、二次粒子、三次粒子、四次粒子など)の球状軽量細粒の混合物を使用してもよい。直径0.03~0.15mmのミクロスフェアを最小粒度として使用し、最小粒径画分から最大粒径画分までの各画分間の粒度傾斜が常に許容差±20%の同一のファクターであると有利なことが明らかになった。

30 【0024】本発明によれば、材料品質の異なる軽量細粒を使用する。たとえば、鉱物系軽量細粒を新規な材料にて使用することができる。これには酸化物系組成物および/または鉱物系組成物を含む物質が含まれる。一例として、アルカリシリケート、アルカリ/アルカリ土類ケイ酸塩、アルモシリケート、ホウケイ酸塩の他、系CaO-SiO₂-Al₂O₃に金属酸化物を加えたものが併用される変異形があげられる。

40 【0025】本発明では、酸化アルミニウム(最大100%Al₂O₃)、アルカリシリケート(最大100%水ガラス)などの鉱物系物質からなる細粒を用いると好ましい。アルカリシリケートでは、4%~10%の酸化亜鉛で安定化させ、マイクロ波によって発泡させた水ガラスナトリウムの細粒を使用すると好ましい。このような材料については、ドイツ特許出願第DE 199 09 077. 7号に詳細に説明されている。

【0026】これに相当する鉱物系軽量細粒が最大16mmの粒度で市販されており、KeraGlas、KeraBims、KeraPlus、KeraLight、Poraver、Liaver、Liapor、LecaおよびHollow Spheresなどの名前で入手可能である。

50 【0027】さらに、組成が異なり、任意に容積量も異

なる2種類またはそれ以上の鉱物系軽量細粒を充填物に併用してもよい。たとえば、(極めて強度の高い玄武岩の碎石発泡体から得られる)特に耐圧性の高い鉱物系一次粒子を、本発明によって、1種以上の耐性が低めの亜粒子(sub-grains)と併用してもよい。本発明によれば、二次粒子の低めの密度を利用して材料密度をさらに抑える。ここでは、プラスチック母材中で寸法が小さい二次粒子の方が一次粒子よりも破損しにくいことを利用する。いわゆるシェル体を好ましくは一次粒子として利用してもよい。これは、孔の粗いコアと、孔が細かいシェルまたは破損に対する耐性が極めて高い無孔圧密シェルとで構成されている。結果として、特に強度の高い材料を製造することが可能である。

【0028】鉱物系軽量細粒以外に、金属物質または他の非鉱物物質を軽量細粒として利用することもできる。このような材料の一例として、すでに形成されている充填物において加圧下で変形するため、充填密度をさらに高めることのできる開放多孔率の低い延性金属およびプラスチックがあげられる。本発明によれば、一次粒子として利用するのであれば金属製の中空スフェアが特に適している。

【0029】本発明によれば、有機バインダによって軽量粉粒体同士を結合し、固体(solid body)を得る。このような目的に適しているのは、流動可能な形態でのさまざまなクラスの有機化合物である。バインダについては、固体状または液体状で、溶液として、あるいは懸濁液として、細粒混合物に導入することができ、導入後に、溶剤の除去、重合促進剤の添加、化学反応を開始すべく加熱するなどの適当な手段で、硬化または凝固させることが可能である。

【0030】もう1つの実施形態によれば、バインダを固体状で軽量細粒に添加し、これを凝集液状(liquid state of aggregation)に転化し、場合によっては、特定の粘度に達するまでバルク材に浸漬させ、そして再度凝固する。通常、この方法は、バインダが液化するまでバインダ/細粒混合物を加熱した後、再度冷却するような場合に用いられる。

【0031】さまざまな好適なバインダのうち一例をあげると以下のとおりである。ここに列挙したものは完全であることを意味するわけではなく、本発明による軽量材用のバインダとして機能し得る種々な化合物の代表例をあげてあるにすぎない。

【0032】好適なバインダとしては、エポキシ樹脂、ポリウレタン、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル、シリコン樹脂などの熱硬化性材料があげられる。さらに、ポリアミド、ポリオレフィン、ポリスチレン、PVC、ポリアセタール、熱可塑性ポリエステルなどの熱可塑性材料も有用であることが明らかになった。

【0033】さらに、エラストマーをバインダとして利用してもよい。この類の生成物としては、合成ゴム、天

然ゴム、シリコンゴムなどがあげられる。

【0034】一般に、球状細粒の方がバインダよりも軽いと好ましいが、材料の特性という点でみたときに、延性が高いことに加えて耐荷重性が高いことの方が重量の小さいことよりも重要な条件であれば、バインダよりも重い細粒を使用してもよい。

【0035】たとえば、ローラベアリング用の市販のボールとPA6プラスチックとを成分として用いて、重量のある機械や橋梁などの支承部を本発明による材料から製造することが可能である。これらのベアリングは、延性が高く圧縮強度が極めて高い点が特徴である。エレベーターロープ、鉱山鉄道、クレーンなどに用いられる撓みローラ(deflection roller)も本発明によって製造可能である。このような材料は地震の危険にさらされた家屋の支持用としても適している。

【0036】好適な軽量細粒とバインダとを選択することで軽量材の特性を変え、それぞれの用途ごとに出される各要求に合わせて適合させることが可能である。特に、充填物の構造によって力/変位図を修正できることが明らかにになっている。一方、たとえばPA6の常に同一の純プラスチック母材では、 7.5 N/mm^2 の力がたとえば8%などの圧縮に相当し、粒の細かいKeraBimsでは充填密度50%で力が 12.5 N/mm^2 、粒が中程度の大きさのKeraPlusではわずか 1.5 N/mm^2 である。どの軽量細粒を選択するかによって、圧縮強度を一度67%高め、別のときに80%下げることが可能である。全てのタイプの車両において事故を起こしやすいあらゆる構造部材はもちろんのこと、装置や建造物の他の多くの部品においても、このように広い範囲にわたるプラスチック材料の特性の本発明の修正は重要である。

【0037】また、本発明による軽量材は経済面からみても非常に注目度が高いものである。鉱物系の充填体にかかるコストは、プラスチックのバインダの場合と比して容積基準で約1/10と極めて低く、非常に安価な加工物を作製することが可能である。

【0038】たとえば、軽量細粒：プラスチックの価格関係は1:10であるため、加工物に含まれる軽量細粒の量が80容量%、プラスチックバインダの量が20容量%である場合、軽量材の作製コストはプラスチック100%で加工物を形成した場合を10とするとわずか $0.8 \times 1 + 0.2 \times 10 = 0.8 + 2.0 = 2.8$ である。これは、本実施例の加工物では、本発明を用いることで体積作製(volume formation)コストが72%まで削減されることを意味する。充填密度を97%まで高め、プラスチックの量を3%まで減らすことによって、作製コストをさらに90%まで削減することが可能である。

【0039】加工物の重量が本発明によってさらに削減されることから、上記の結果には重要性がある。車両構

10

20

30

40

50

造物では、重量を落とすには材料に対して払う価格を高くするしかないというのが通例である。本発明による加工物は、この通例に対する例外となる。

【0040】たとえば、上述した例では、軽量細粒の密度は110g/l、プラスチック材料の密度は1100g/lである。軽量細粒対プラスチック材料の重量比は1:10である。この例では、本発明による加工物の重量ならびに材料の価格が72%削減されている。従来の対応策の25%~30%まで重量を実際に低減できることが試験によって分かっている機能的に同等である自動車部品は多数ある。

【0041】重量を抑えれば抑えるほど必ずコスト高になる軽量建造物の分野ではコスト削減ですら可能であるという点が、本発明による軽量材料に不可欠な新機軸によって得られる極めて重要な効果である。

【0042】当業者にとって驚くべきものである上記のような効果は、一方では、充填物の量を最大にし、また他方では、バインダ（特にプラスチックバインダ）の使用量を最低限に抑えることで、本発明によって達成される。これらの2つの対応策は個別に行うこともできるが、これを同時に行うことで特に、材料技術において全く予想外であった進歩につながる。

【0043】材料分野の技術者にとっては驚くべきことに、本発明による材料がこれまで全く知られていなかった特性、特に、新規なレオロジー特性を有することが、試験によって見出された。極めて高い圧縮力でも、専門家にとって驚くべきことに、長時間の圧縮下（例えば、衝突緩衝材（crash absorber）として用いられる場合など）でも軽量細粒の構造が維持されるが、これがプラスチックバインダであれば流動化してしまい、いわば充填体によって形成された充填物内を強制的に流動させられたようになる。

【0044】本発明によれば、充填物の設計を特別な形にすることで、レオロジー特性に影響を与えることが可能である。材料と特定の圧縮強度および特定の表面構造との組み合わせを、特定の幾何学的空間を持つ充填物と軽量細粒によって得ることが可能である。この表面構造は、変形による力の吸収、音の吸収、屈曲力および張力の吸収、圧縮力の吸収など、機能の異なる加工物で使用するのに特に適している。

【0045】たとえば、試験において、本発明による加工物は自動車の衝突緩衝材ならびに他の衝突関連部品としての特性に優れるだけでなく、本発明による軽量材によって、事実上特注の事故防止品を作製することもできることが分った。したがって、専門家にとって驚くべきことであるが、事故に対する保護性をかなり改善することが可能である。圧縮強度の低い軽量細粒を選択すると、頭蓋骨などの人体の各部に比べて圧縮強度が低い材料が得られるため、事故の場合の頭蓋骨骨折を防止して事故後の生存率を高めることができる。

【0046】最後に、衝突に対する保護用の本発明による材料と人間を保護するための本発明による材料とを併用することで、歩行者を保護するのに適した加工物、たとえば、（エンジン、バッテリー、サスペンションストラットなどの硬い部分に頭蓋骨が当たるのを防止する）負傷者が衝撃を受ける場所とその下に位置する危険な構造部材とに応じて特注の異なる圧縮強度を有する生産品を可能にするボンネット、を設計することができる。

【0047】EU Commission for Vehicle Safety (EEVC)での提案によれば、歩行者を保護するための規則を出すべきとされている。これらの規則によれば、特定の速度での事故によって歩行者が致命傷を負うことはなくすべきである。本発明による軽量材で構成されるパッドを、エンジン、バッテリー、サスペンションストラット、他の「硬い」部品の上とボンネットの下に装着し、パッドの圧縮強度を上記の要求が満たされるように調節することで、本発明は上記の要件を満たすことができる。これは、たとえば、パッド+ボンネットの圧縮強度が、これに当たる本体部分の圧縮強度よりも小さいような場合である。あるいは、ボンネット全体を軽量材で構成し、「硬い」部品の上ではボンネットの厚さが好ましくは内側に厚くなるようにして、この部分では好ましくは100g/l以下の範囲でパッドを形成すべく軽量細粒を充填し、残りの部分にこれよりも重い細粒を用いる対処法によって、この要求を満たすことができる。

【0048】本発明の軽量材をこのような材料として利用することができる。しかしながら、鋼、ステンレス鋼、ファイバミネート、プラスチックなどのホイル、シート、押出成形によって得られた中空の部分または他の中空の部分の一部の面または全面に、この軽量材を施すことも可能である。このような軽量材を施した表面によって、加工物の強度は極めて高くなる。

【0049】本発明のさらに他の用途に、フレーム、特に自動車用フレーム、Aピラー、BピラーまたはCピラー、鍛造部品、特にアルミニウムまたはマグネシウム製の極めて肉薄で表面積の大きな鍛造部品（トランクの蓋、ドアまたはボンネットなど）の補強があげられる。

【0050】さらに、列車、路面線、バス、キャラバンおよびトラック（トレーラーを含む）の床面として使用される平らな製品の製造に本発明を利用することが可能である。この場合、本発明の材料の軽量、丈夫、衝突安全性および耐摩耗性が特に重要である。

【0051】発明による軽量材は耐用期間が長く非腐朽性にすぐれるため、建築業界での使用にも適しており、屋根のサブデッキ（subdecking）などの構造部材が特に注目される。この軽量材を使用すれば、屋根のトラス、板張り、屋根の覆い、木摺打ちおよび／または断熱などの現在の機能をさまざまな形で達成することができ、特に設置が容易である。

【0052】本発明のさらに他の用途は、建造物用の極めて軽量かつ丈夫なコンクリート型枠の製造と、建築部門用の足場ならびにその床板の製造についてのものである。短繊維または長繊維の強化用繊維も本発明による軽量材のさらに他の成分として適していることが明らかになっている。

【0053】本発明の他の課題は、新規な複合材料を提供することにある。本発明による複合材料は、軽量材からなる（好ましくは上述した軽量材で製造される）コアと、銅、ステンレス鋼、ファイバミネートまたはプラスチックからなり、コアを完全にまたは部分的に囲む表面とを含む。

【0054】知られているように、1種またはそれ以上のプラスチック成分を含む複合材料では、成分ごとに熱膨張特性が異なっている。この特性は、プラスチックの材料特性が金属および他の成分とは異なることによるものである。たとえば、プラスチックの熱膨張度は金属の場合と比べて100倍高い。さらに、プラスチックは200℃よりも高い温度で形成され、冷却されると約10%までの収縮を示す。このような望ましくない特性のために、公知の複合材料の使用が限定される。

【0055】公知の複合材料とは対照的に、本発明による複合材料には、匹敵する熱膨張はなく、特に、軽量細粒が軽量材中に55～90容量%である場合には、熱膨張係数がアルミニウムから銅の範囲である。ここでは、軽量細粒の充填密度、粒子および充填物構造に応じて、熱膨張係数を調節することが可能である。

【0056】さらに、軽量細粒の充填密度が55～90容量%である場合、プラスチック母材の収縮が完全にもしくはほぼ完全に防止されることが明らかになった。たとえば、軽量細粒を使用せずに注型および重合温度約160℃でPA6を注型すると、6%の収縮が検出されるが、軽量細粒の充填密度を70容量%とすると、0.5%未満の収縮が観察される。

【0057】本発明による複合材料は全くまたはほとんど収縮しないため、ほとんどの場合は注型プロセスの後に必要な数時間にわたるアニーリングを省略することが可能である。これによって、コストを大幅に削減できるだけでなく、製造時間を10～24時間から数分に短縮することができるために、たとえば大きな自動車部品などの大量生産ではじめて注型材料を使用することが可能になる。

【0058】本発明による軽量材を製造する方法は以下のとおりである。軽量細粒を加工物用型に導入し、場合によっては、軽量の細粒状バルク材を加熱し、軽量の細粒状バルク材を充填した加工物用型にバインダを導入し、バインダを凝固させる。

【0059】最適な充填密度を達成するために、最大の*

充填構造の内容
(容量%)

* 粒子から開始して粒度の異なる粉体を連続的に金型に導入する。続いて、二番目に大きな粒子を流入させる。バルク材を圧密する方法によって各ステップを支持する。

【0060】これに適しているのは、たとえば、振盪、超音波または振動によって処理することおよび／または負圧または過圧を利用することである。これらの方法を利用すると、金型を充填するのに必要な時間を大幅に短縮できるだけでなく、同時に充填密度をかなりの程度まで高めることができる。

10 【0061】最大直径の軽量細粒（一次粒子）によって金型が完全に充填された直後に、このプロセスを別の二次粒子の場合に繰り返す。二次粒子を用いると、このプロセスで一次粒子間に形成された空隙が埋められる。

【0062】軽量の細粒状バルク材を形成するためのプロセスを極めて容易かつ正確に自動化できることが明らかになった。別のコアバインダを用いて、まず、外部から、すなわち加工物用金型内部以外のところで、軽量の細粒状バルク材からなる浸透コアを製造することができる。この目的のために、コアの形成前に適当なバインダで軽量細粒を湿らせておくことができる。これによって外部で製造される結合コアをロボットで加工物用金型に挿入し、次いで上述したような方法でバインダを浸透させることが好ましい。

【0063】軽量細粒およびバインダをそれぞれ加工物用金型に充填する際、正しい充填速度にすることが極めて重要である。穏やかな均一に流動する充填フロント（filling front）が金型内に維持されるように軽量細粒の流れを調節することが必要である。同様に、均一に流動する充填フロントをバインダ流の調節用の基準として利用する。

30 【0064】本例では、バインダの方が軽量細粒よりも密度が10倍高く、バインダが蓄積されると細粒が浮いてしまい、充填にむらが生じる可能性があるため、バインダ流が均一に流動していることは特に重要である。

【0065】好ましくは、材料の充填前に加工物用金型および／または軽量細粒および／またはバインダを加熱する。以下、実施例および図面を参照して本発明について説明する。もちろん、これは前記実施形態に限定されるものではない。

40 【0066】

【発明の実施の形態】以下の説明において使用する用語をここで下記の通り定義する。一次粒子という用語は、充填物の最も大きな粒子の群を示す。二次粒子とは、充填物の二番目に大きな粒子の群を指す。三次粒子とは、充填物の三番目に大きな粒子の群を指す。

【0067】本発明によれば、以下の充填密度が達成される。

充填密度

15

1. 最大粒度（一次粒子） 66%
粒度偏差最大±6%
球形からの偏差±4%
2. 1.の場合と同様だか、さらに 86%
一次粒子サイズの1/10の二次粒子を使用、
同一公差
3. 2.の場合と同様だか、さらに 94%
一次粒子サイズの1/100以下の三次粒子を使用、
同一公差

【0068】本発明によれば、粒度が1/6~1/12の単一粒度の二次粒子を使用する。三次粒子を用いる場合、この三次粒子は二次粒子の1/6~1/18の粒度のものである。

【0069】ファクター1/10による粒度傾斜の場合 * 実施例

1. 66% P-粒子
2. 66% P-粒子+20% S-粒子
3. 66% P-粒子+20% S-粒子+8% T-粒子

さらに、このプロセスを四次粒子によって継続してもよい。

【0070】軽量材の品質にとって決定的に重要な点としてプラスチックの量が少ないことがあげられるが、これは本発明によって達成可能である。本発明によれば、実用上好都合であることが明らかになっている粒子傾斜に関してさらに次レベルの粒子をそれぞれ1/10の比率で導入することによって、プラスチックの量を半分にすることが可能である。

※

16

合、および粒度が12mm、1.2mmおよび0.12mmである場合、実施例1から3による本発明の充填構造によって以下の充填密度が得られる。
(P-粒子=一次粒子、S-粒子=二次粒子、T-粒子=三次粒子)
充填密度/プラスチックの量
66%充填+34%プラスチック
86%充填+14%プラスチック
94%充填+6%プラスチック

【0071】結果として、原料混合物の低密度化および低価格化という点で、それまでは達成できなかった利点も得られる。以下の例は次の価格のものについて算出したものであるが、この価格はこの時点での平均値である。

密度：粒子1：110g/l、粒子2：50g/l、プラスチック1、100g/l、価格：細粒DM1.00/l、プラスチックDM10.000/l。

【0072】

【表1】

実施例	密度 (kg/l) 粒子 1	密度 (kg/l) 粒子 2	原材料価格 (DM/l)
1.	447	407	4.06
2.	249	197	2.26
3.	169	113	1.54

【0073】ここで、極めて大きな一次粒子および二次粒子、三次粒子および四次粒子を使用することで、ガードレールなどの大きな加工物において、プラスチック量3%、密度0.1kg/l未満、価格約DM1.00/lという極めてすぐれた解決策を得ることが可能である。

【0074】上述したように、本発明による鋳物系軽量細粒は充填物内で粒度が傾斜づけられて分散している。加工物の幾何学的形状に応じて一次粒子を定め、これが加工物の容積に対して最大量を占め、50容量%を超える量であるのが好ましい。

【0075】本発明による軽量材の構造を図1から図3に示す。図1は、一次粒子1と二次粒子2とを用いて製造された材料の構造を示している。この材料における軽量細粒の充填は、まず個々に丸いまたはほぼ丸い一次粒子1によって画定され、これらの粒子を横方向ならびに

上下方向に互いに重ねて堆積させ、各粒子の間に空隙が形成されるようにする。次に、二次粒子2を前記空隙内に堆積させ、できるだけ密に材料に軽量細粒を充填する。これによって、必要になるバインダ量を抑えることができる。二次粒子間の空隙および二次粒子と一次粒子との間の空隙のみを埋めればよいためである。

40

【0076】軽量細粒のさらに密な充填物を図2および図3に示す。これは、一次粒子1と、二次粒子2と、三次粒子3とを含む細粒である。図1に示す構造から開始して、二次粒子2間および二次粒子2と一次粒子1との間に形成されている空隙に三次粒子3が充填されている。バインダのために必要な空間はさらに少なくなっている。

【0077】一次粒子および二次粒子からなるか、あるいは、一次粒子、二次粒子および三次粒子からなる、上記のようにして形成された充填物に、構造的に密な方法

50

で流動性の高いプラスチック材料を浸透させる。

【0078】自動車の分野では、たとえば、力／変位特性が規定されているかまたは可変である衝突緩衝材は、本発明による材料を用いてはじめて実現することが可能である。

【0079】図4は、このような衝突緩衝材を自動車のバンパーとフレームとの間に装着した状態を示す。図4に示されるように、これは、フランジ5と本発明による軽量材6からなる充填材とを有する円形または矩形のカバー面4によって作製可能なものである。あるいは、本発明による材料で衝突緩衝材全体を製造することも可能である。

【0080】図5は、本発明による材料を用いた試験で得られる力／変位図の一例である。本発明による材料における軽量細粒からなる充填物の構造に応じて、単に充填構造によってのみ、圧縮に依存して異なる変位／力条件を設定することが可能である。

【0081】曲線7は、軽量細粒を加えていない場合のプラスチック材料の挙動を示している。この曲線を基準曲線として利用する。曲線7で用いたプラスチック材料に粒度範囲が8～12mmの軽量細粒を充填すると曲線8が得られる。図面から明らかなように、比較的大きな一次粒子の圧縮力は、未充填のプラスチック材料の場合よりも小さい。基準のプラスチックに粒度5～6mmの軽量細粒を充填した場合には曲線9で示す値が得られる。曲線8と比較して、ここでは圧縮力が明らかに増大しているのが分かる。曲線10から明らかなように、粒度1～2mmの軽量細粒を用いることで圧縮力をさらに増すことができる。

【0082】最後に、5～6mmの粒子群からなる一次粒子と0.5～0.6mmの粒子群からなる二次粒子との軽量細粒状混合物を用いた場合に得られる力／変位曲線が曲線11である。この結果から、本発明による軽量材を用いることで、当業者であれば、軽量細粒状充填物を変更することで、未充填の基準プラスチックよりも圧縮力の小さい材料や圧縮力の大きい材料を自由に製造できることが分かる。

【0083】このように、充填密度と粒子群の組成を変えることで圧縮強度をかなり大幅に調節できることが図5から明らかである。また、図5から明らかであるが、低圧縮の範囲では、本発明による軽量材を用いることで、プラスチックが類似の条件下でクリープパス(creep path)の約半分まで荷重下にてクリープするという、ほとんどの場合望ましくない傾向を低減することが可能である。これは本発明の重要な利点である。この充填構造のために極めて高い比荷重の範囲内でクリープパスをかなり低減することも可能である。ここで、どの程度まで低減できるかという可能性の制約となるのは粒子の強度のみである。したがって、本発明によって、実質的にクリープのないプラスチックおよび天然ゴ

ムを製造するのに、ボールベアリングのボールなどのような圧縮強度の極めて高い本体を用いることが可能になる。

【0084】さらに、本発明による軽量材を用いることで、車両全体または車両のほぼ全部の部品をエネルギー吸収に関与させることで事故に対する保護性を大幅に改善するような形で車両全体または車両の少なくとも一部を構成または設計することが初めて可能になっている。このエネルギー吸収は、球状の軽量細粒間に可鍛性プラスチック母材が流れることで達成されるものである。結果として、プラスチック材料は極めて粘度の高い制振液のように作用することになる。

【0085】本発明による軽量材のエネルギー吸収によって得られる可能性について、以下の実施例を参照して一層詳細に説明する。バス、トラック、トラクターおよびオフロード車は、重心が高いため横転することが多い。本発明による材料を用いてこれらの車両用の軽量ロールバーを製造することができる。前記ロールバーは、座屈(buckling)に対する安全性の面では従来の構造物よりかなり優れているが、これを用いても車両の重量および重心が増すことはない。

【0086】図6および図7にオフロード車用のロールバー12を示す。図6は、本発明による軽量材で強化されていない市販のロールバー12を示している。このバーは、たとえば車両転倒時などの事故の場合に力「F」に耐えることができず、乗客を保護できる保証がない程度まで変形する。これとは対照的に、図7は、本発明による軽量材6によって強化され、力「F」に耐えることのできるバー12を示している。ここでは、高強度金属の薄い外管と、これに本発明による軽量材を充填したものとを組み合わせることで、座屈に対する耐性のある極めて軽量のロールバーが得られる。

【0087】ガードレール、高欄または他の境界区切り手段(空港で利用されているものなども含む)などの静置用交通手段の場合、従来技術よりもかなり改善された本発明の軽量材を用いて解決策を実現することが可能である。たとえば、鋼製のガードレールにはエネルギーを吸収できるという利点がある一方で、信頼できる形で車両を誘導できないばかりか、逆に車両を車線に押し戻してしまうという欠点もある。コンクリート製のガードレールにはこのように車両を押し戻してしまうという欠点はないが、エネルギーを吸収することはできない。本発明による材料で製造したガードレールは、両方の機能、すなわちエネルギー吸収と車両の誘導という両方の機能を初めて低コストで満たすことができるものである。

【0088】図8は、今日の交通運輸関係で利用されている従来のガードレール13を示している。このガードレールは、厚さ3mmの亜鉛メッキを施した鋼板で製造されている。図9は、本発明による軽量材6を用いて製造したガードレール14を示している。このガードレール

ルは、厚さわずか約 0.5 mm の金属またはプラスチックの肌面 15 と、充填密度が極めて高くエネルギー吸収率が極めて良好な本発明の軽量材 6 からなるコアとを具備している。このようにして構成されたガードレールであれば、車両を押し戻さずに誘導することが可能である。さらに、このガードレールは前面側が丸みをおびているため、バスなどの重量のある車両を裂き開いてしまうこともない。

【0089】さらに、図 10 は、バンの後部ドアを示している。外側のシェル 16 と内側のシェル 17 との間の中空の空間に本発明による軽量材 6 が充填されている。このため、それまで必要であった強化用の装置を省略することができる。軽量材によって十分なクッションが施されているため本発明によるドアが鈍い音を立てることもない。さらに、衝突に対する保護性も改善される。

【0090】図 11 は、装飾機能に加えて事故に対する保護機能をもたせたホイールカバー 18 を示している。このホイールカバーは、装飾用シェル 19 と本発明による軽量材からなるコア 6 とで構成されている。歩行者が事故に遭った場合、回転しているナットや車輪の他の凹凸部分に当たることがあるが、このホイールカバー構造を用いることでこうしたことによる怪我から歩行者を保護することができる。

【0091】図 12 は、本発明による軽量材が充填された自動車のシャシ部品 20 を示している。この部品は、従来技術では溶接シーム 23 によって相互に連結されたシートメタルのシェル 21、22 で構成されている。座席に対する耐性を持たせるために、シートメタルのシェルを過剰に大きな寸法のものにしておく必要がある。残りの中空の空間によって鈍い雑音が大きくなってしまいうため、二次的な制振手段が必要になる。

【0092】本発明による軽量の構造材料すなわち軽量構造材料の充填材を用いた構造的に理想的な実施形態では、壁厚を一層小さくし、同時にシャシ部品の重量を軽減し、さらにはノイズを効率よく取り除くことが可能である。図 12 には、本発明によって開口 24 から軽量材 6 を充填したシャシ部品のジョイント部 23 も示されている。

【0093】図 13 は、自動車のボンネットの一実施形態を示している。衝突が起こった場合に通行人にとって最も危険な場所、すなわち、歩行者が「硬い」部分に当たる可能性が高い場所を 3 本の矢印 A、B、C で示している。矢印 A は、頭部に衝突すると「硬い」抵抗物 (resistance) として損傷を受ける可能性のあるサスペンションストラットが原因の危険な箇所を示している。矢印 B は、「硬い」抵抗物であるエンジンとバッテリーの位置を示している。さらに、矢印 C は、ボンネットとフェンダーとの間のつなぎ部分における硬い抵抗物を示している。他にもボンネットの内側の金属強化部分による硬い抵抗物がある。

【0094】このような相当な危険要因を排除するために、図 14 から図 17 に、本発明を用いたボンネットの考え得る実施形態を一部断面で示す。強化材 22 を構造的に必要とせずにボンネット (好ましくはフェンダーも) を完全に本発明による軽量材 6 で製造し、必要に応じて、表面に金属ホイルなどからなる加飾処理を施す。ボンネット 23 およびフェンダー 24 を平均圧縮強度をもった本発明による材料から製造する。

【0095】ボンネットには、圧縮強度の低い本発明の軽量材からなる安全パッド 28 を、エンジン 25 またはバッテリー 26 の上やサスペンションストラット 27 の上などの特に指定された危険な場所に設ける。好ましくは 3~6 mm の範囲で、本発明によっておそらく低重量で製造した部品の壁厚を増すことで、歩行者との衝突時における優れた基本的エネルギー吸収能力が得られ、さらに、ボンネット 23 とフェンダー 24 との間のつなぎ部分をエッジ強化材 22 を使用せずに設計したり、または小さな壁面強化材のみを用いて設計することが可能となるため、これにより、強い抵抗性のある箇所がさらに別に形成されるのを排除する。さらに、本発明によれば、従来技術の場合よりも地面に近い位置につなぎ部分が設計されるため、衝突する可能性のある部分には、もはやつなぎ部分が位置することはない。本発明によって、たとえば、歩行者に対する自動車の交通安全性を保証することができる。また、本発明による材料で製造されるボンネットは、鋼板で製造されるボンネットに比べてかなり重量が小さくなる。

【0096】図 18 は、自動車前部のフレーム半割 29 を示している。このフレームには、エンジン 30 ならびに他のユニットが取り付けられ、衝突緩衝材 31 および前側バンパー 32 が保持され、さらに自動車の前側の部品が保持されている。エンジンより下のフレームの高さとその抵抗モーメントはエンジン 30 の寸法によって制約される。図 18 の矢印 D は限界位置を示している。衝突によって、フレームの前部がエネルギーを吸収して変形する (望ましい状態) のではなく、エンジン側に曲がってしまうと、エンジンが車内の座席にまで飛び出してくる可能性がある。

【0097】図 19 は、本発明による軽量材 6 を有するフレームの局所的な充填材 33 によってこのような弱点をどのようにして排除したかを示した図である。図 20 および 21 はさらに自動車の車体底面を示している。従来技術によれば、車体底面は、自動溶接装置によって接合された複数の鋼板からなる。本発明の材料を使用する場合には、車体底面 34 は、金属またはプラスチック製の薄い連結シェル (connected shell) 35 および 36 と、本発明による軽量材 6 のコアとで構成される。

【0098】両シャシと全ユニット、座席などを直接に車体底面部分に収容することが可能である。このため、

これらの場所において車体底面は強化される。さらに、ガードレールのように、エネルギー吸収能と衝突した物体を外に押し出す機能とを横方向に兼ね備えるようにし、さらには車体底面全体の剛性を高めるようにして、事故から最大限に保護できるような形状にする。

【0099】図22は、従来のパンの側面37を示している。このタイプのパンは、一般にさらに重量が加わることが想定されていない乗用車のプラットフォームに取付けられている。したがって、パンの軽量構造はこの上なく重要である。図22は、特にA-ビラー39、B-ビラー40、ボックス本体41、車体底面42およびルーフ領域43の位置で、F、G、Hとして図23に示されるように、本発明による材料を用いることで、どのように強化方法を行っているかを示している。これらの補強方法によって、金属部品の領域に軽量構造物を使用することができるようになり、したがって重量を減らすことができる。

【0100】図24は、スポーツ用マウンテンバイクのフレーム44を示している。従来型のアルミニウム溶接構造では、アルミニウムフレームの重量が4.5kgある。これは競技スポーツ用の装置としては極めて高い値である。それにもかかわらず、ステアリングヘッド45で得られる破損に対する保護性は十分とはいえない。極めて肉薄の溶接アルミニウムシェルを使用し、中空の空間に本発明による軽量材を充填することによって、4.5kgというフレーム重量を0.99kgまで減らすことができるため、78%の低減になる。

【0101】図25は、天井用のコンクリート型枠を示している。天井の仮枠がフレーム48に載っている。周知のコンクリート仮枠は、表面シーリングを施した合板46で構成されている。使用前にその都度合板を金型油で処理しなければならない。膨潤が発生するため耐用寿命は約20回の使用に限られてしまう。本発明による軽量材6からなる同一厚のプレート47には金型油は不要であり、50回使用した後も耐用寿命の制約となるような磨耗は認められない。

【0102】さらに、図26、図27、図28は、足場の一部を示している。図26は、長さHおよび幅Jの足場床の上面図である。図27は、前記足場床の断面図であり、金属フレーム49と有実木材(solid wood)50の床板とで構成されている。この板は重量が20.4kgであり、寸法は2.57×0.61mである。

【0103】さらに、図28は、本発明による材料で作製された足場床を示している。この足場床は、表面52と本発明による軽量材6のコアとを含む。同一の寸法で、この板の重量はわずか7.6kgである。足場床を組み立てたり解体したりする際の人手による作業荷重が極めて小さくなるため、これは重要なことである。重量が2/3になることで作業が容易になり、アセンブリも

安価になる。

【0104】以下、本発明の軽量構造材料を用いて製造可能な製品について、2通りの粒度の群の例を用いて説明する。ここでは、以下のような開始成分を用いた。

鉱物系発泡細粒：粒度5~6mm±4%の一次粒子

鉱物系発泡細粒：粒度0.4~0.5mm±4%の二次粒子

プラスチックバインダ：PA6液体成分

【0105】まず、さらに圧密することなく原料一次粒子を閉じた円筒金型(φ80mm、高さ400mm、2.0リットル相当)の充填用開口に充填した。一次粒子の容積量は64.15%であった。振盪台で円筒金型を振盪運動させることによって、容積量を68.50%まで増した。

【0106】次に、原料二次粒子を圧密せず円筒金型の充填用開口に充填した。二次粒子の容積量は22.50%、充填時間は5.1分であった。次に、再度2.15分間の振盪運動を行って容積量を24.50%とし、負圧(150Pa)の作用下で2.15分間かけて容積量を24.48容量%にした。振盪運動と負圧による作用によって、プロセスの最初の工程で一次粒子間に形成された空隙に二次粒子を堆積させることが可能であるため、この工程で細粒状材料がかなり圧密されることになる。

【0107】続いて、金型内で原料粒子を150℃まで加熱し、バルク材用のプラスチックバインダ(反応温度130℃)として液体成分であるPA6(粘度3~5mPa・s、活性化物質との混合後)を充填した。ここでは、充填作業を重力によって行った。充填時間は4分としたところ、バインダの容積量は13.35%であった。さらに圧密するために、重力による作用を伴う振盪運動を2.15分間行った。これによって、容積量7.0%が達成された。続いて、バルク材の浸透性を高めるべくシリンドラ底部からの吸引によって150Paの負圧をさらに加えた。このプロセスを2.10分間行ったが、容積量に変化はなかった。底部の制御開口部から出る液体から、バルク材が完全に充填されたことが分かった。重合のための反応時間は3分とした。続いて、軽量材を円筒金型から取り出した。

【0108】このようにして得た材料の試料における値は以下の通りであった。

嵩密度： 0.41 g/cm³

圧縮強度： 2%圧縮で9N/mm²

10%圧縮で40N/mm²

【0109】比較のために、同等のプラスチック体(PA6)の材料で得られる値を以下に示す。

嵩密度： 1.13 g/cm³

圧縮強度： 2%圧縮で5N/mm²

10%圧縮で38N/mm²

【図面の簡単な説明】

【図 1】一次粒子および二次粒子を含む本発明による軽量材の一般的な構造を示す図である。

【図 2】一次粒子、二次粒子、三次粒子を含む本発明による軽量材の一般的な構造を示す図である。

【図 3】図 2 に示す軽量材の拡大断面図である。

【図 4】本発明による軽量材によって製造される衝突緩衝材を示す図である。

【図 5】プラスチック材料についての、および本発明によるさまざまな軽量材についての力/変位図を示す図である。

【図 6】自動車用の従来のロールバーを示す図である。

【図 7】本発明による軽量材を用いて製造された自動車用のロールバーを示す図である。

【図 8】従来のガードレールを示す図である。

【図 9】本発明による軽量材を用いて製造されたガードレールを示す図である。

【図 10】本発明による軽量材を用いて製造されたバンの後部ドアを示す図である。

【図 11】本発明による軽量材を用いて製造されたホイールカバーを示す図である。

【図 12】本発明による軽量材を用いて製造された自動車用シャシ部品を示す図である。

【図 13】自動車用ボンネットを示す図である。

【図 14】本発明による軽量材を用いて製造された自動車用ボンネットを示す図である。

【図 15】図 14 に示すボンネットの特定の箇所を部分*

* 断面図として示した拡大図である。

【図 16】図 14 に示すボンネットの特定の箇所を部分断面図として示した拡大図である。

【図 17】図 14 に示すボンネットの特定の箇所を部分断面図として示した拡大図である。

【図 18】従来の車両フレームのフレーム半割を示す図である。

【図 19】本発明による軽量材を用いて製造された車両フレームのフレーム半割を示す図である。

10 【図 20】自動車の車体底面を示す図である。

【図 21】本発明による軽量材を用いて製造された自動車の車体底面を示す図である。

【図 22】本発明による軽量材を用いて製造されたバンの側面を示す図である。

【図 23】図 22 に示すバン用の補強措置を示す図である。

【図 24】本発明による軽量材を用いて製造された自転車のフレームを示す図である。

20 【図 25】本発明による軽量材を用いて製造されたコンクリート板を示す図である。

【図 26】本発明による軽量材を用いて製造された足場材料の一部を示す図である。

【図 27】本発明による軽量材を用いて製造された足場材料の一部を示す図である。

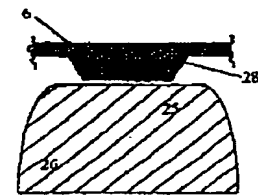
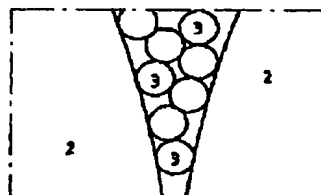
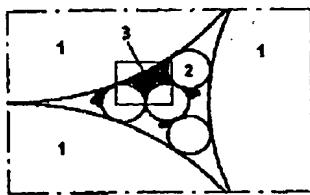
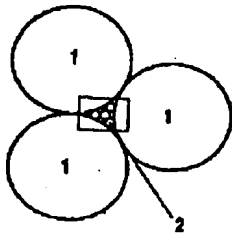
【図 28】本発明による軽量材を用いて製造された足場材料の一部を示す図である。

【図 1】

【図 2】

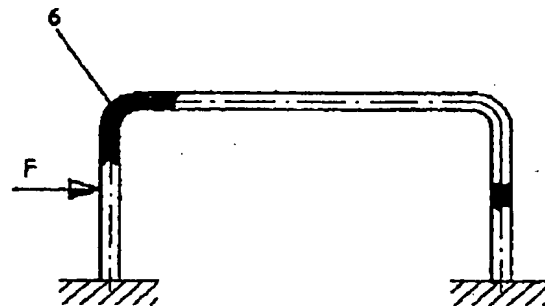
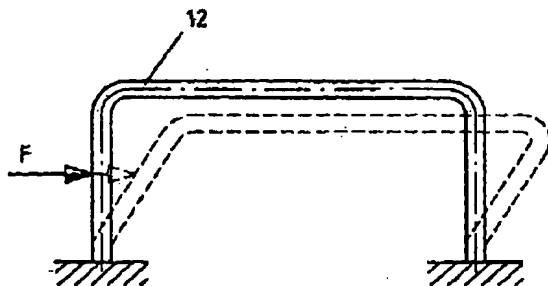
【図 3】

【図 16】

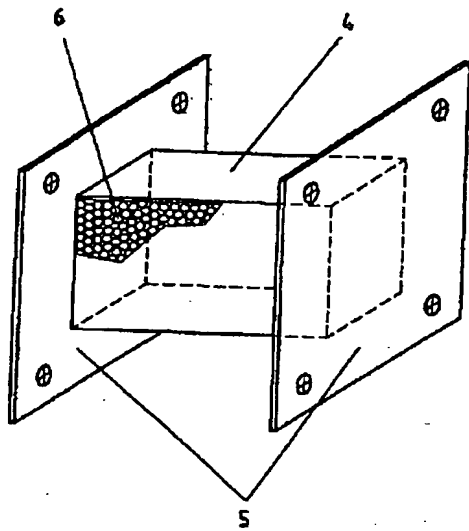


【図 6】

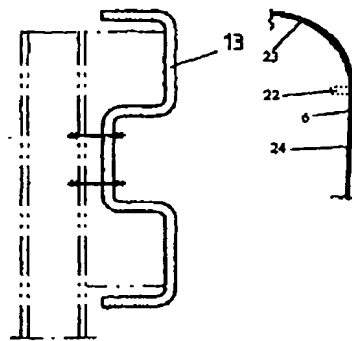
【図 7】



【図4】

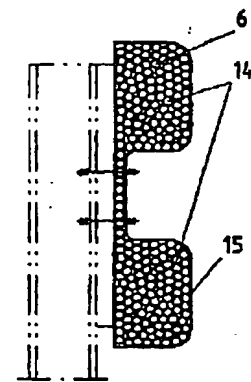


【図8】

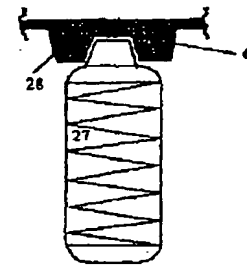


【図17】

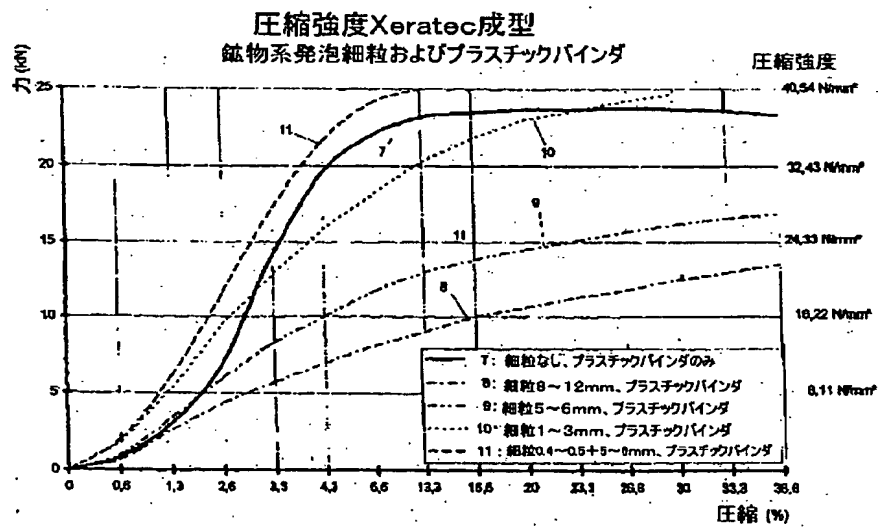
【図9】



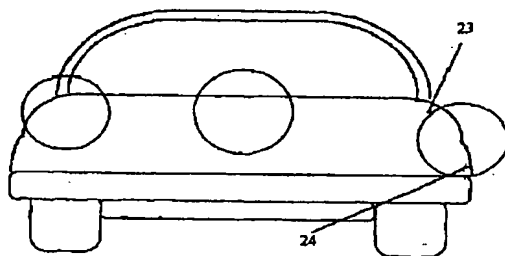
【図15】



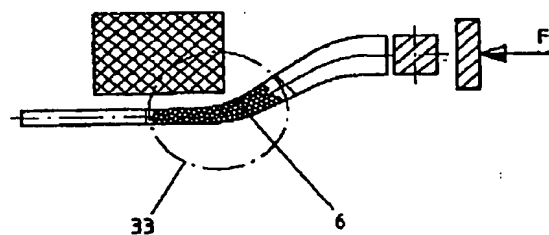
【図5】



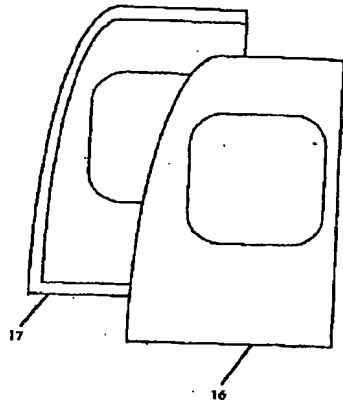
【図14】



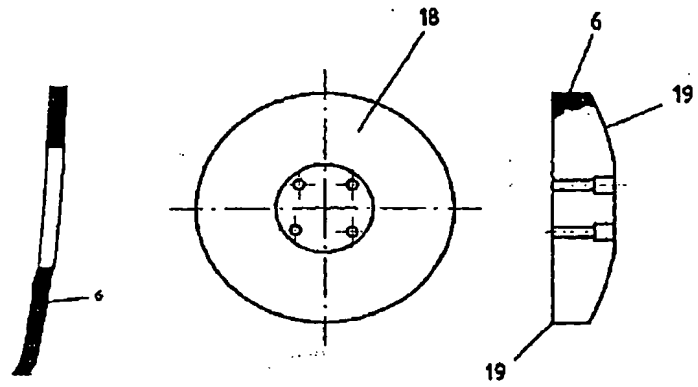
【図19】



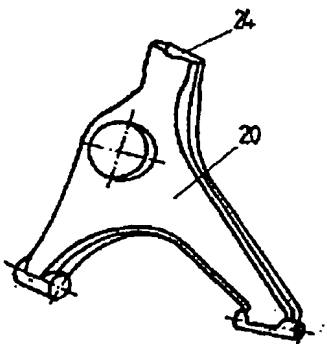
【図10】



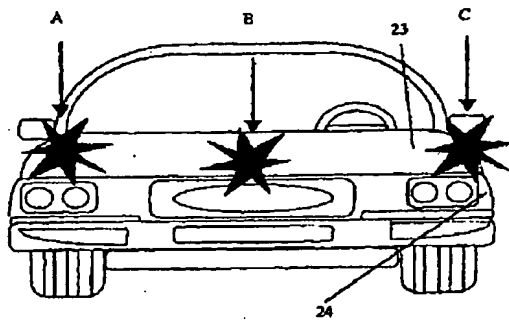
【図11】



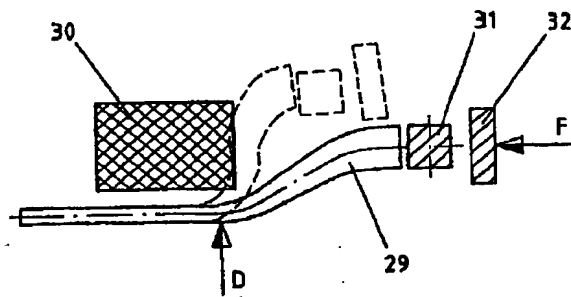
【図12】



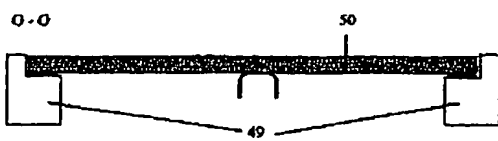
【図13】



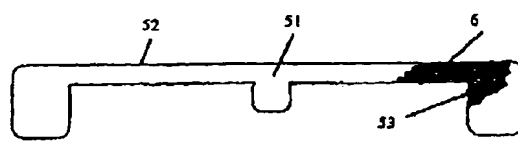
【図18】



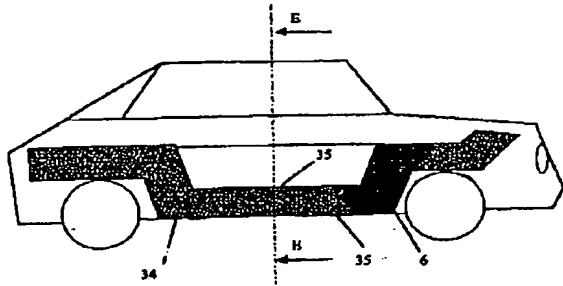
【図27】



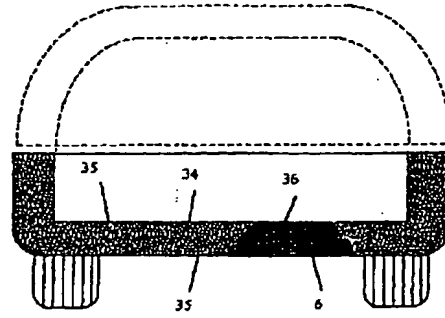
【図28】



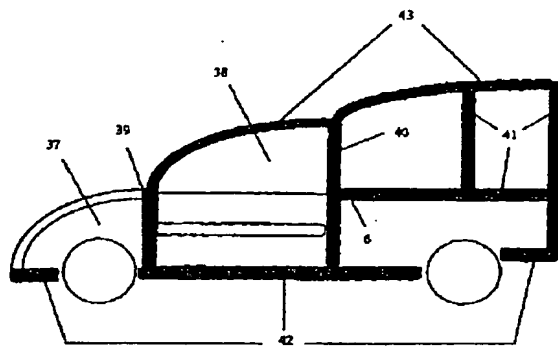
【図20】



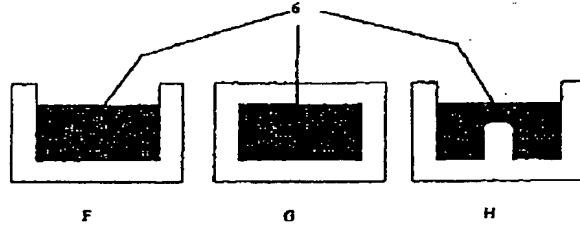
【図21】



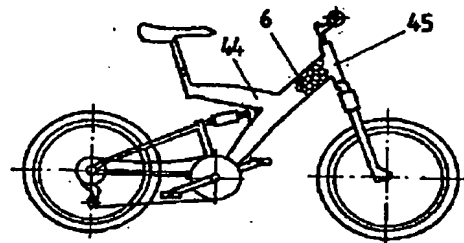
【図22】



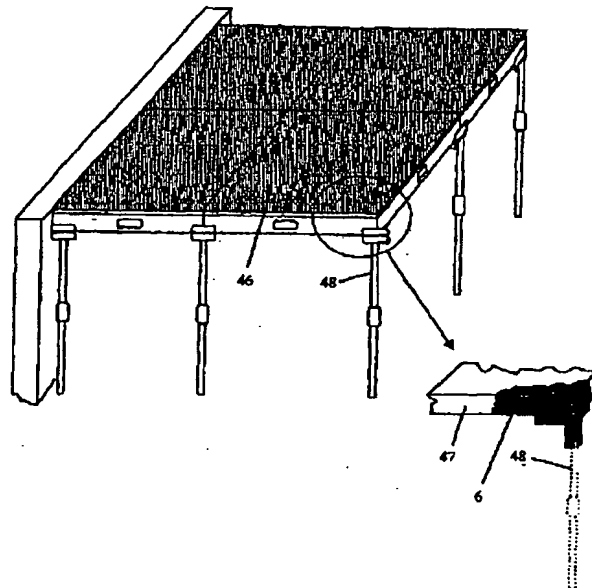
【図23】



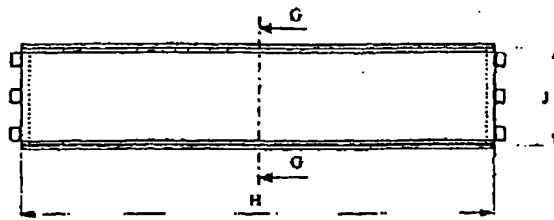
【図24】



【図25】



【図26】



【手続補正書】

【提出日】平成13年11月15日(2001.11.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0081

【補正方法】変更

【補正内容】

【0081】曲線7は、軽量細粒を加えていない場合のプラスチック材料の挙動を示している。この曲線を基準曲線として利用する。曲線7で用いたプラスチック材料に粒度範囲が8～12mmの軽量細粒を充填すると曲線8が得られる。図面から明らかなように、比較的大きな一次粒子の圧縮力は、未充填のプラスチック材料の場合よりも小さい。基準のプラスチックに粒度5～6mmの軽量細粒を充填した場合には曲線9で示す値が得られる。曲線8と比較して、ここでは圧縮力が明らかに増大*

*しているのが分かる。曲線10から明らかなように、粒度1～3mmの軽量細粒を用いることで圧縮力をさらに増すことができる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0082

【補正方法】変更

【補正内容】

【0082】最後に、5～6mmの粒子群からなる一次粒子と0.4～0.5mmの粒子群からなる二次粒子との軽量細粒状混合物を用いた場合に得られる力/変位曲線が曲線11である。この結果から、本発明による軽量材を用いることで、当業者であれば、軽量細粒状充填物を変更することで、未充填の基準プラスチックよりも圧縮力の小さい材料や圧縮力の大きい材料を自由に製造できることが分かる。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 04 B 16/06		C 04 B 20/00	A
20/00			B
26/32		26/32	
C 08 K 7/02		C 08 K 7/02	
7/16		7/16	
C 08 L 101/00		C 08 L 101/00	
// C 04 B 111:40		C 04 B 111:40	
		B 28 B 1/08	D

F ターム(参考) 4F100 AA17A AA19A AA20A AB03B
AB03C AB04B AB04C AC00A
AK01A AK01B AK01C AK03A
AK07A AK15A AK23A AK33A
AK44A AK46A AK51A AK52A
AK53A AL09A AN01A AN02A
AP10B AP10C BA02 BA03
BA10B BA10C BA42A BA44A
CA23A DD32 DE01A DG01A
DJ01A GB07 GB32 JA13A
JB13A JB16A JL03 YY00A
4J002 AC011 AC021 BB001 BC021
BD031 CB001 CC031 CD001
CF001 CF031 CF211 CK021
CL001 CP031 DA066 DB006
DE146 DJ016 FA047 FA086
FD016 FD017 GF00 GL00
GL01 GN00